Das Ei

Dieses Modul umfasst 50 % der schriftlichen Abiturprüfung.

Aufgaben

1 Die Eischale
Im Laufe eines Tages werden während der Reifung eines Eis im Huhn 5,00 g Calciumcarbonat für die Bildung der Eischale abgeschieden. Das Huhn hat dabei eine durchschnittliche Körpertemperatur von 41,7 °C.

1.1 Die Eischale besteht aus Calciumcarbonat. Bei deren Bildung liegt die in Material 1 abgebildete Gleichgewichtsreaktion vor.

Berechnen Sie mithilfe von Material 2 die freie molare Reaktionsenthalpie $\Delta_R G_m$ und die Gleichgewichtskonstante K_c. Diskutieren Sie die Gleichgewichtslage im Hinblick auf die Bildung der Eierschale.

(6 BE)

1.2 Eine durchschnittliche Legehenne wiegt 1,7 kg und hat 70 mL Blut pro Kilogramm. Die während der Abscheidung von 5,00 g Calciumcarbonat freigesetzten Protonen gehen in das Blut über. Damit das Blut nicht übersäuert, atmet die Henne in dieser Zeit verstärkt, wodurch Kohlendioxid an die Umgebung abgegeben wird.

1.2.1 Die im Blut vorliegenden Gleichgewichte sind in Material 3 angegeben.
Erklären Sie den Einfluss des vermehrten Atmens auf das Gleichgewicht sowie auf den pH-Wert.

Hinweis: Das Blut kann vereinfacht als wässrige Lösung angesehen werden.

(3 BE)

1.2.2 Berechnen Sie den pH-Wert des Blutes, der sich ohne die durch das Atmen bewirkte Regulation einstellen würde.

Hinweis: Siehe dazu die Angaben in den vorangegangenen Abschnitten und Material 1.

(3 BE)

1.3 Ist das Ei gelegt, kann es gekocht und anschließend durch Einlegen in eine wässrige Farbstofflösung gefärbt werden. Ein gängiger roter Farbstoff ist Azorubin, das aus der Kupplung zweier Komponenten gewonnen wird. Eine dieser Komponenten ist das 4-Aminonaphthalin-1-sulfonsäure-Natriumsalz (Material 4). Es wird nach der in Material 5 gezeigten, vierstufigen Synthese hergestellt.

1.3.1 Formulieren Sie die vollständige Reaktionsgleichung der Stufe 2 nach der Oxidationszahlmethode sowie die Reaktionsgleichung für die vorgelagerte Reaktion des Zinks.

Hinweis: Die Säure reagiert mit Zink unter Freisetzung von Wasserstoff.

(4 BE)

1.3.2 Formulieren Sie den Mechanismus für die Stufe 3 und erklären Sie den dirigierenden Effekt des Erstsubstituenten anhand von mesomeren Grenzstrukturen.

(7 BE)

2 Das Gelbe vom Ei

2.1 Die charakteristische „eigelbe“ Farbe des Eidotters beruht auf orangefarbenen und roten Carotinoiden, welche die Henne mit dem Grünfutter aufnimmt. Ohne die Aufnahme über das Futter wäre das Eidotter farblos. Zwei dieser Carotinoide sind in Material 6 abgebildet.

2.1.1 Eines der beiden Carotinoide ist rot, das andere ist gelborange.
Ordnen Sie die Farben den beiden Substanzen unter Zuhilfenahme der Strukturformeln zu.

(3 BE)

2.1.2 Von Zeaxanthin ($C_{40}H_{56}O_2$, M = 568,89 g/mol) sollen 20 mL einer Lösung für eine spektroskopische Messung hergestellt werden. Die Lösung soll eine Extinktion von ungefähr E = 0,5 aufweisen. Der molare dekadische Extinktionskoeffizient ist ε_{450} = 145 000 L/(mol · cm) und die Küvettenlänge beträgt d = 1 cm. Als Lösungsmittel stehen Wasser und Ethanol zur Verfügung. An Glasgeräten können Messkolben (20 mL, 25 mL) und Vollpipetten (1 mL, 2 mL, 5 mL, 10 mL) verwendet werden.
Diskutieren Sie die Löslichkeit des Zeaxanthins in den genannten Lösungsmitteln.
Planen Sie die Herstellung der Messlösung und berechnen Sie die Konzentrationen der herzustellenden Lösungen.

Hinweis: Zeaxanthin ist nur in einem der beiden Lösungsmittel löslich. Gemäß den Richtlinien für die Gute Laborpraxis (GLP) sind Einwaagen unter 100 mg zu vermeiden.

(7 BE)

2.2 Das Protein Phosvitin ist im Eidotter enthalten. Material 7 zeigt eine charakteristische Teilstruktur dieses Proteins. Darin sind die Hydroxy-Gruppen mit Phosphorsäure verestert. Bei längerem Kochen werden die Phosphorsäureester gespalten, so dass freies Phosphat entsteht. Entwickeln Sie den Mechanismus der Reaktion, die eine Umkehrung der Veresterung unter alkalischen Bedingungen darstellt.

(3 BE)

2.3 Polychlorierte Dibenzo-*p*-dioxine (PCDD, kurz: Dioxine) entstehen bei verschiedenen industriellen Verbrennungsprozessen. Sie sind sehr beständig, bereits in Spuren giftig und reichern sich über die Nahrungskette in lebenden Organismen an. Der Mensch nimmt Dioxine vor allem über tierische Nahrungsmittel, z. B. Eier, auf.
In Material 8 ist die gaschromatographische Analyse eines Hühnereis mittels externem Standard zur Ermittlung des Gehaltes an 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-*p*-dioxin (TCDD) beschrieben. Ein durchschnittliches Ei wiegt 68,00 g.

2.3.1 Berechnen Sie die Masse an TCDD im Ei.

(4 BE)

2.3.2 Bestimmen Sie im Chromatogramm die notwendigen Größen und berechnen Sie damit die Auflösung R_S und die Selektivität α für die beiden Peaks.
Hinweis: Dem Gemisch wurde eine Inertsubstanz zugesetzt, um die Totzeit zu bestimmen.

(4 BE)

2.3.3 Vergleichen Sie die Methode des externen Standards und die 100%-Methode hinsichtlich des Einspritzvolumens.

(2 BE)

2.4 Sowohl während der Lagerung von Eiern als auch während des Kochvorgangs bildet sich das Abbauprodukt Schwefelwasserstoff (H_2S, Siedetemperatur = −60,2 °C). Es ist leicht flüchtig und für den typischen Geruch nach faulen Eiern verantwortlich.

2.4.1 Begründen Sie den Unterschied in den Siedepunkten zwischen Wasser H_2O und Schwefelwasserstoff H_2S.

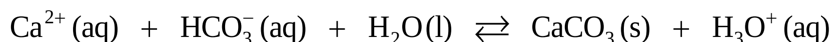
(2 BE)

2.4.2 In Material 9 ist die Reaktion abgebildet, die für die Freisetzung des Schwefelwasserstoffs während des Kochens verantwortlich ist. Diese Reaktion tritt vor allem beim Kochen alter Eier auf, in denen der pH-Wert höher (pH = 9,2) ist als bei frischen Eiern (pH = 7,6). Es handelt sich um eine S_N2-Reaktion.
Begründen Sie den Sachverhalt, dass diese Reaktion erst bei hohen pH-Werten in nennenswertem Umfang abläuft.

(2 BE)

Material 1

Reaktionsgleichung für die Bildung des Calciumcarbonats der Eischale



$$Ca^{2+}(aq) + HCO_3^-(aq) + H_2O(l) \rightleftarrows CaCO_3(s) + H_3O^+(aq)$$

Material 2

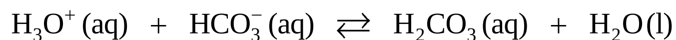
Molare Standardbildungsenthalpien $\Delta_f H_m^0$ und molare Standardentropien S_m^0 ausgewählter Verbindungen

	$\Delta_f H_m^0$ in $\frac{kJ}{mol}$	S_m^0 in $\frac{J}{mol \cdot K}$
$Ca^{2+}(aq)$	–543	–53
$CaCO_3(s)$	–1 207	93
$H_2CO_3(aq)$	–699	191
$HCO_3^-(aq)$	–692	91
$CO_3^{2-}(aq)$	–677	–57
$H_3O^+(aq)$	–286	70
$H_2O(l)$	–286	70

http://anorganik.chemie.vias.org/standardenthalpien_table.html (abgerufen am 10.03.2021).
https://www.formel-sammlung.de/formel-Molare-Standardgr%C3%B6%C3%9Fen-ausgew%C3%A4hlter-hydratisierter-Ionen-in-w%C3%A4ssriger-L%C3%B6sung-4-40-231.html (abgerufen am 20.03.2021)
Das große Tafelwerk, Formelsammlung für die Sek. I und II, 1. Aufl. 2014, 151ff.

Material 3

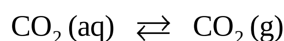
Gleichgewichtsreaktionen im Blut



$$H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq) \rightleftarrows H_2CO_3(aq) + H_2O(l)$$



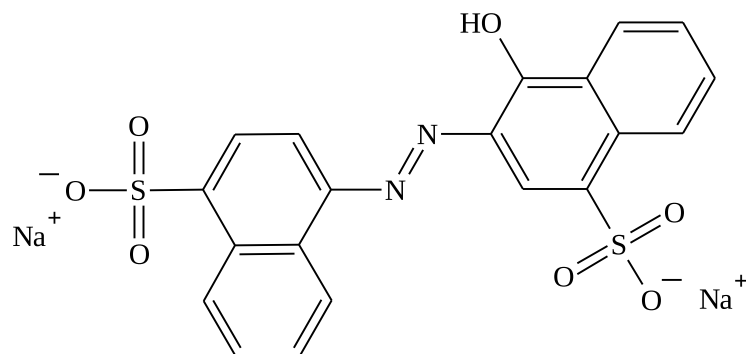
$$H_2CO_3(aq) \rightleftarrows CO_2(aq) + H_2O(l)$$

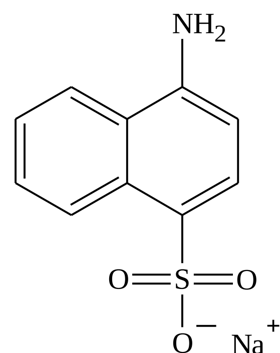


$$CO_2(aq) \rightleftarrows CO_2(g)$$

Material 4

Strukturformeln von Azorubin und 4-Aminonaphthalin-1-sulfonsäure-Natriumsalz





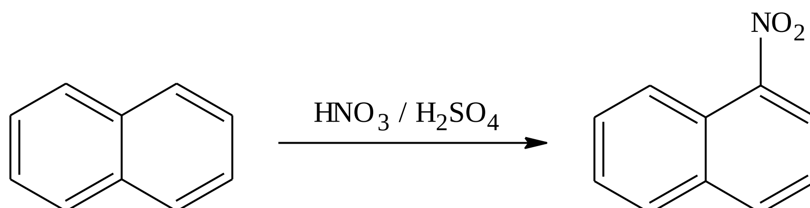
Azorubin

4-Aminonaphthalin-1-sulfonsäure-Natriumsalz

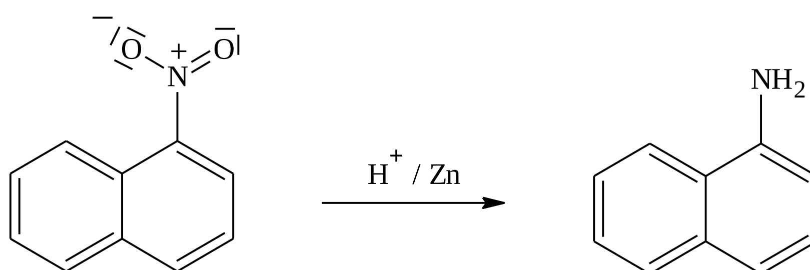
Material 5

Vierstufige Synthese des 4-Aminonaphthalin-1-sulfonsäure-Natriumsalzes

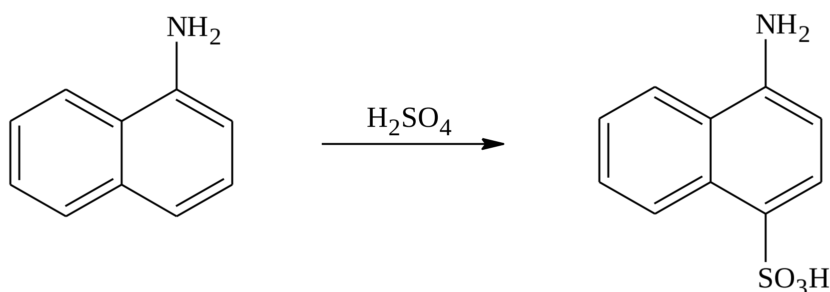
Stufe 1



Stufe 2

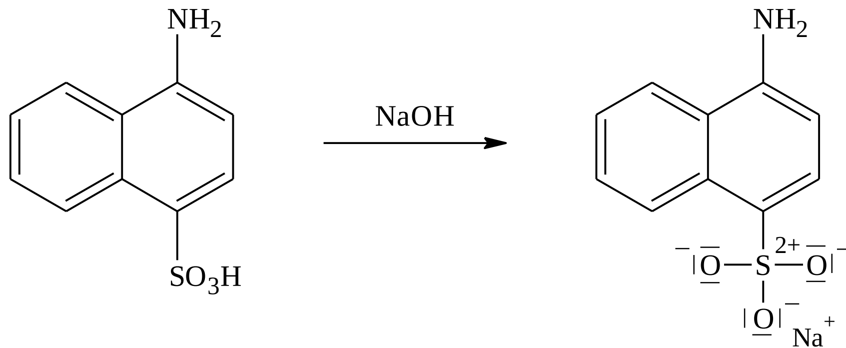


Stufe 3



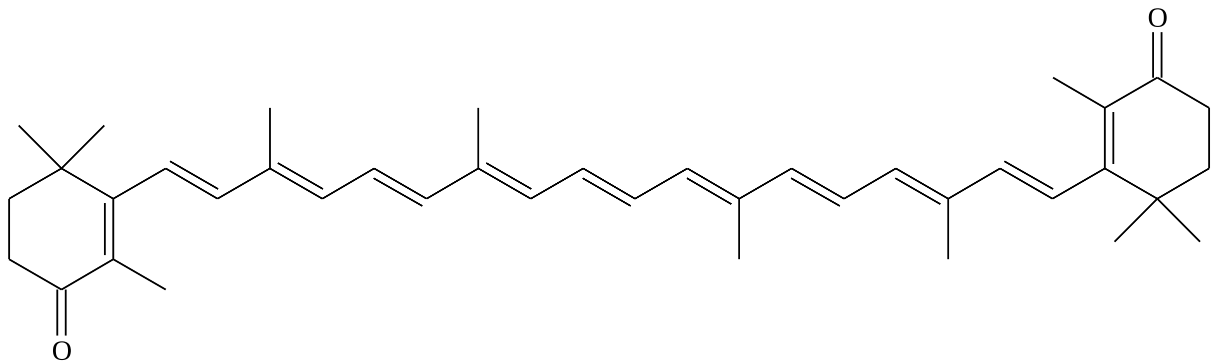
Hinweis: Stufe 4 auf der nächsten Seite

Stufe 4

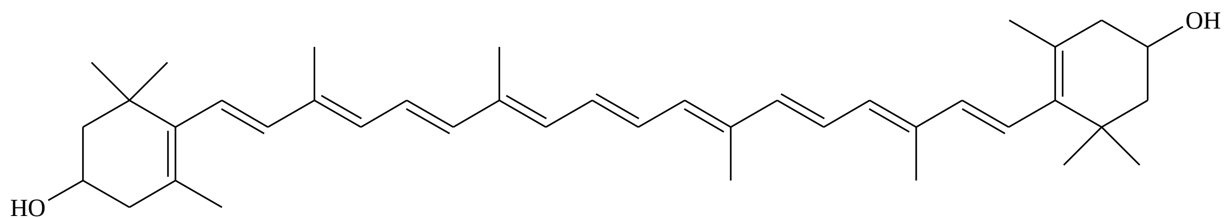


Material 6

Strukturformeln der Carotinoide Canthaxanthin und Zeaxanthin



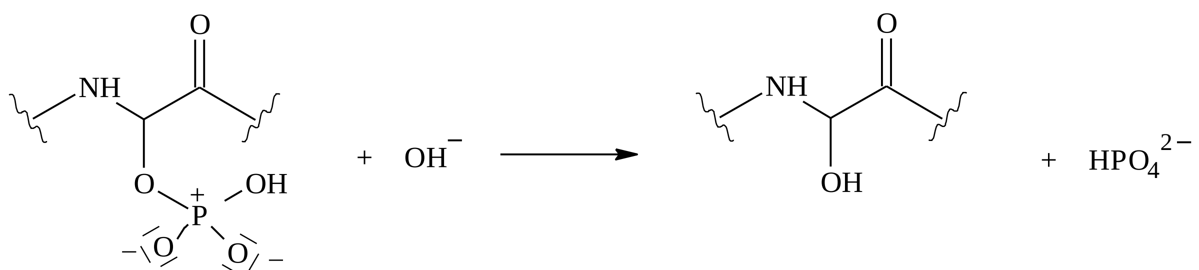
Canthaxanthin



Zeaxanthin

Material 7

Spaltung der Phosphorsäureester des Phosvitins beim Kochen



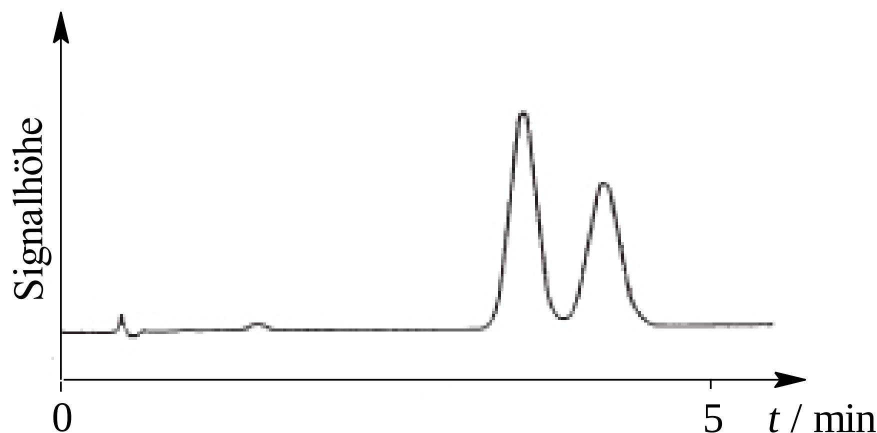
Material 8

Versuchsdaten zur Dioxinbestimmung

Eine Hühnerei-Probe (m = 1,0432 g) wird verschiedenen Anreicherungs- und Reinigungsschritten unterzogen bis 20 µL der Probelösung (PL) erhalten werden. Weiterhin werden mit dem Analyten Dioxin drei Kalibrierlösungen (KL) angesetzt.
Alle Lösungen werden gaschromatographisch untersucht. Man erhält die folgenden Peakflächen:

Lösung	β(Dioxin) in pg/L	Fläche in Counts (cts)
KL 1	5000	25813
KL 2	10000	51741
KL 3	15000	76076
PL	–	45178

Gaschromatogramm der Dioxinbestimmung



https://wiley-vch.e-bookshelf.de/products/reading-epub/product-id/407975/title/HPLC%2Brichtig%2Boptimiert.html (abgerufen am 02.06.2020).

Material 9

Reaktion zur Schwefelwasserstoffbildung beim Kochen

